

ผลของเครื่องตีไฮโปโทนิกต่อสมรรถภาพความทนทานและภาวะน้ำในร่างกายระหว่างการออกกำลังกายในบุคคลสุขภาพดี

คุณัญญา มาสไต¹, รุ่งชัย ขวัญไชยะกุล², สุรสา ไค้งประเสริฐ¹,
วรรณพร ทองตะโก¹, นกัศกร ชื่นศิริ¹, ดร.ณวรรณ สุขสม¹

¹คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

²วิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา มหาวิทยาลัยมหิดล

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการใช้เครื่องตีกีฬาสีแต่ละชนิดต่อการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพความทนทาน และภาวะน้ำในร่างกายระหว่างการออกกำลังกายในบุคคลสุขภาพดี

วิธีดำเนินการวิจัย อาสาสมัครเพศชายสุขภาพดีที่ออกกำลังกายเป็นประจำ อายุระหว่าง 18-25 ปี จำนวน 11 คน เข้าร่วมการทดสอบ 3 ครั้ง เพื่อทดสอบเครื่องตีกีฬาสี 3 ชนิด ได้แก่ เครื่องตีเหล็ก (PL), เครื่องตีความเข้มข้นเท่ากับในร่างกาย (ID), และเครื่องตีความเข้มข้นต่ำกว่าในร่างกาย (HD) แต่ละครั้งจะให้ผู้เข้าร่วมวิจัยออกกำลังกาย 2 ครั้ง คือการออกกำลังกายแบบหนักสลับเบาด้วยจักรยานที่ความหนัก 80% และ 50% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดตามเกณฑ์อายุ (EX1) และออกกำลังกายแบบเพิ่มความหนักด้วยจักรยานจนถึงระดับล้า (EX2) โดยมีการพักระหว่างการออกกำลังกายทั้งสองเป็นเวลา 1 ชั่วโมง พร้อมทั้งให้ผู้เข้าร่วมวิจัยตีเครื่องตี ด้วยการวิธีการสุ่มในปริมาณ 150% ของปริมาณน้ำหนักตัวที่ลดลงไปจาก EX1 ทำการวัดค่าความเข้มข้นของเลือดและความถี่ของปัสสาวะเพื่อแสดงการเสียน้ำ สมรรถภาพความทนทานและการเปลี่ยนแปลงทาง

ชีวเคมีในเลือด แล้วนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้การทดสอบความแปรปรวนแบบวัดซ้ำซึ่งกำหนดนัยสำคัญที่ 0.05

ผลการวิจัย ผลการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างของสมรรถภาพความทนทาน ความถี่ของปัสสาวะ ปริมาณสารอิเล็กโทรไลต์ แลคเตท และไขมันชนิดต่าง ๆ ในเลือดระหว่างการตีเครื่องตีกีฬาสีแต่ละชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามระดับน้ำตาลในเลือดเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญหลังจากตีเครื่องตี ID เมื่อเทียบกับเครื่องตีอื่น นอกจากนี้มีการลดลงของ Triglycerides หลังการตี HD เครื่องตี และหลัง EX2 เมื่อเทียบกับเครื่องตีชนิดอื่น

สรุปผลการวิจัย เครื่องตีกีฬาสีชนิดเข้มข้นต่ำกว่าในร่างกาย (HD) ช่วยรักษาสมรรถภาพความทนทาน และภาวะน้ำในร่างกายระหว่างการออกกำลังกายได้เช่นเดียวกับเครื่องตีชนิดอื่น ๆ แม้จะมีผลผสมของน้ำตาลน้อยกว่า ซึ่งอาจเหมาะสำหรับผู้ตีที่ออกกำลังกาย แต่ไม่ต้องการบริโภคเครื่องดื่มที่ให้พลังงานสูง

คำสำคัญ: เครื่องตีกีฬาสีไฮโปโทนิก/ภาวะน้ำในร่างกาย/ความทนทาน/การออกกำลังกายหนักสลับเบาด้วยการปั่นจักรยาน

EFFECTS OF HYPOTONIC DRINK ON ENDURANCE AND FLUID BALANCE DURING REPEATED EXERCISES IN HEALTHY SUBJECTS

Kunanya Masodsai¹, Rungchai Chaunchaiyakul², Surasa Kongprasert¹, Wannaporn Tongtako¹, Napassakorn Cheunsiri¹, Daroonwan Suksom¹

¹ Faculty of Sports Science, Chulalongkorn University

² College of Sports Science and Technology, Mahidol University

Abstract

Purpose: This study aimed to determine and compare the effects of sports drinks on endurance and fluid balance during repeated exercise in young healthy subjects.

Methods: Eleven healthy young active males, aged between 18-25 years old, randomly participated in 3 experimental trails of three solutions of placebo (PL), isotonic (ID), and hypotonic drinks (HD). Each trails, they were asked to complete two subsequent cycling exercises: 80% and 50% maximal heart rate of high-intensity intermittent cycling (EX1), and the progressive load up to exhaustion cycling (EX2) with the 1- hour recovery duration between. They drank the double- blind assigned sport drink for 150% of weight reduction from EX1. Fluid balance was determined using urine specific gravity (USG), and blood osmolality. Endurance performance was determined as time-to-exhaustion (TTE) during EX2. Moreover, blood biochemistry was also monitored. All variables were statistical analysis by

repeated- measure ANOVA at P- value less than 0.05 of significance.

Results: The results show no significant difference of TTE, USG, blood electrolyte, lactate, and lipids among drinks. However, blood glucose was significantly increased after ID compared with other drinks. The reductions in triglycerides in HD during Pre- and Post-Ex2 only.

Conclusion: It is concluded that hypotonic drinks can regulate endurance and fluid status during repeated exercises as similar as isotonic drink, even though, it contains less sugar which may be useful for those who need low calories drink.

Key Words: Hypotonic drink/ fluid balance / endurance / high- intensity interval cycling exercise.

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การเสียเหงื่อในนักกีฬาหรือผู้ที่ออกกำลังกายเป็นการตอบสนองทางสรีรวิทยาที่สำคัญ ทั้งนี้สามารถชดเชยได้ด้วยการดื่มน้ำหรือเครื่องดื่มกีฬา เพื่อการปรับสมดุลการทำงาน (Homeostasis) ของร่างกาย การชดเชยโดยการดื่มน้ำเกลือแร่และปริมาณน้ำที่เพียงพอเป็นคำแนะนำในนักกีฬาและผู้ที่เกี่ยวข้องกับร่างกายเป็นประจำ โดยเฉพาะในสถานที่ที่มีอากาศร้อนชื้นเช่นในประเทศไทย เครื่องดื่มกีฬาถูกคิดค้นขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์ที่สอดคล้องกัน 4 ประการ คือ ก) เป็นเครื่องดื่มที่ทดแทนหรือป้องกันการขาดน้ำ (Water replacement) และเกลือแร่ (Electrolytes replacement) ข) ให้สารพลังงาน (Energy substrates) ในการออกกำลังกาย และ ค) เร่งการฟื้นตัว (Evans et al., 2017) และ ง) ทำให้ดำรงสมรรถภาพทางกายได้ยาวนานขึ้น (Orzu et al., 2018) โดยเครื่องดื่มกีฬาสามารถแบ่งออกตามระดับความเข้มข้นได้ 3 แบบ ได้แก่ เครื่องดื่มกีฬาสด (Hypotonic drink), เครื่องดื่มกีฬาเข้มข้น (Isotonic drink), และ เครื่องดื่มกีฬาเข้มข้น (Hypertonic drink) ซึ่งหมายถึงเครื่องดื่มกีฬาที่มีความเข้มข้นต่ำ, เทียบเท่า, และสูงตามลำดับ โดยเครื่องดื่มกีฬาที่วางขายอย่างแพร่หลายในท้องตลาดคือเครื่องดื่มชนิดไอโซโทนิก ซึ่งมีรายงานว่า ส่งผลดีต่อการดูดซึมน้ำได้ไม่ต่างจากการดื่มน้ำเปล่า (Hill et al., 2008) และยังช่วยเป็นแหล่งพลังงานเสริมในระหว่างการออกกำลังกายอีกด้วย

อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันเครื่องดื่มกีฬาชนิดไอโซโทนิก (Hypotonic sports drinks) ได้รับความสนใจมากขึ้นเนื่องจากมีข้อดีในการขนส่งสารน้ำและคาร์โบไฮเดรตเข้าสู่กระแสเลือดได้รวดเร็ว (Hornsby, 2011) แต่ให้พลังงานน้อยกว่าเหมาะสมสำหรับคนที่ออกกำลังกาย เพื่อควบคุมน้ำหนัก และการวิ่งหรือเล่นฟุตบอลที่ใช้ระยะเวลาต่ำกว่า 60 นาที Bonnetti et al. (2010) ได้ทำการศึกษาผล

ของเครื่องดื่มไอโซโทนิกและไอโซโทนิก ที่ส่งผลต่อความทนทานและสรีรวิทยา โดยให้ผู้เข้าร่วม 16 คน ปั่นจักรยานและดื่มเครื่องดื่มที่แตกต่างกัน 4 ชนิด ที่ปริมาณ 250 มิลลิลิตร ทุกๆ 15 นาที ระหว่างการออกกำลังกาย 2 ชั่วโมง ปรากฏว่าค่า Peak power มีค่าสูงหลังจากดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาร์โบไฮเดรตและอิเล็กโทรไลต์ เมื่อเปรียบเทียบกับ การดื่มน้ำเปล่าและเครื่องดื่มชนิดอื่นๆ และยังมีค่าความเข้มข้นของปัสสาวะต่ำ จึงสรุปได้ว่า เครื่องดื่มชนิดไอโซโทนิกจะมุ่งเป้าในการเร่งการดูดซึมและส่งผลดีต่อการออกกำลังกายที่ต้องการความทนทาน ในทางทฤษฎีแม้ว่า Hypotonic solution จะมีผลในเชิงบวกต่อการทำงานของร่างกายในระหว่างการออกกำลังกาย แต่ปัจจุบันรายงานวิจัยหรือการศึกษาในเชิงลึกทางวิทยาศาสตร์ถึงผลของการดื่มเครื่องดื่มกีฬาชนิดไอโซโทนิกต่อการรักษาภาวะน้ำในร่างกาย หรือการสูญเสียน้ำรวมไปถึงสมรรถภาพความทนทาน (Endurance) ในระหว่างการออกกำลังกายยังมีน้อยมาก จึงนำมาสู่การศึกษาวิจัยนี้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการใช้เครื่องดื่มกีฬาแต่ละชนิดต่อการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพความทนทาน และภาวะน้ำในร่างกายระหว่างการออกกำลังกายซ้ำในบุคคลสุขภาพดี

สมมติฐานของการวิจัย

1. การใช้เครื่องดื่มกีฬาแต่ละชนิดต่อการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพความทนทาน และภาวะน้ำในร่างกายระหว่างการออกกำลังกายซ้ำในบุคคลสุขภาพดีแตกต่างกัน
2. การใช้เครื่องดื่มกีฬาแต่ละชนิดต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับสารชีวเคมีในเลือดแตกต่างกัน

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองแบบสุ่ม (Experimental randomized research design) และได้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคนกลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (COA No. 004/64) รับรองเมื่อวันที่ 8 มกราคม 2564 และดำเนินการทดลองเก็บข้อมูลที่ห้องปฏิบัติการทางสรีรวิทยาการออกกำลังกาย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกคนจะเข้าร่วมการทดลองทั้งหมด 3 ครั้ง เพื่อทดสอบเครื่องดื่มกีฬา 3 ชนิด ได้แก่ เครื่องดื่มหลอก (Placebo; PL), เครื่องดื่มความเข้มข้นเท่ากับในร่างกาย (Isotonic drink; ID), และเครื่องดื่มเข้มข้นต่ำกว่าในร่างกาย (Hypotonic drink; HD) ในระหว่างการออกกำลังกาย พร้อมทั้งทดสอบตัวแปรต่าง ๆ ตลอดการทดลอง ซึ่งมีการเว้นระยะเวลาการทดสอบแต่ละครั้งห่างกัน 1 สัปดาห์ เพื่อป้องกันผลที่เกิดจากการทดลองครั้งก่อนและเพื่อความปลอดภัยจะมีการตรวจค่าสภาพร่างกายทุกครั้งเพื่อหลีกเลี่ยงโอกาสที่จะบาดเจ็บ การทดสอบนี้จะใช้เวลาจนเสร็จสิ้นไม่เกิน 3 ชั่วโมง

ผู้เข้าร่วมการวิจัย ผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นอาสาสมัครเพศชายที่ออกกำลังกายเป็นประจำ อายุระหว่าง 18-25 ปี จำนวน 11 คน โดยคำนวณด้วยโปรแกรม G*Power อ้างอิงจากบทความวิจัยก่อนหน้านี้ (Nantakool et al., 2017) ซึ่งค่าที่นำมาใช้คำนวณคือ ค่าชีพจร (heart rate, HR) โดยใช้สถิติ ANOVA Repeated Measures, within factors ซึ่งกำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05 กำหนด Power ของการทดสอบที่ 80% ($1-\beta = 0.8$) และกำหนดค่า effect size เท่ากับ 0.45 ซึ่งได้จากงานวิจัยของ Nantakool และคณะ ได้ 9 คน โดยมีเพิ่มจำนวนอีก 20% เพื่อป้องกันการสูญหาย (dropout) รวมเป็น

11 คน ตามเกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion criteria) ดังนี้ ก) เพศชาย อายุระหว่าง 18-25 ปี, ข) มีสุขภาพดี ไม่มีข้อห้ามในการออกกำลังกาย, ค) ไม่มีการบาดเจ็บ การเจ็บป่วย การผ่าตัดในช่วง 3 เดือนก่อนการทดลอง, ง) ไม่เป็นโรคติดต่อร้ายแรงทางระบบหายใจและผิวหนัง, จ) ไม่ได้รับยาหรือทานอาหารเสริมที่มีผลต่อระบบหัวใจและหายใจ (cardiorespiratory), ระบบการเผาผลาญ (metabolic system) และระดับของการรับรู้ (level of consciousness), ฉ) ออกกำลังกายเป็นประจำอย่างน้อย 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลาอย่างน้อยวันละ 30 นาที ต่อเนื่องกันอย่างน้อย 3 เดือนก่อนเข้าร่วมการวิจัย อย่างไรก็ตามผู้เข้าร่วมการวิจัยถูกคัดออกจากการวิจัยตาม เกณฑ์การคัดออก (Exclusion criteria) ดังนี้ ก) พบว่าอาจมีภาวะแทรกซ้อนโรคหัวใจหรือโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจในระหว่างการออกกำลังกาย, ข) มีอุบัติเหตุ ภาวะแทรกซ้อนโรคเกี่ยวกับกระดูกและข้อในช่วงระยะเวลาการทดลอง, ค) พบว่าดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์หรือคาเฟอีนภายใน 24 ชั่วโมงก่อนการทดสอบ, ง) ไม่สามารถเข้าร่วมการทดลองได้ตลอดจนครบทั้ง 3 ครั้ง ผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกคนได้รับคำแนะนำให้ดำเนินชีวิตตามปกติ ไม่เข้าร่วมกิจกรรมทางกายหรือการฝึกออกกำลังกายใดๆ ในระหว่างเข้าร่วมการทดลอง ทั้งนี้ ก่อนการทดสอบแต่ละครั้งผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องนอนหลับให้เพียงพอ 6-8 ชั่วโมง ทานอาหารและดื่มน้ำตามปกติงดอาหารและเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีนและแอลกอฮอล์ พร้อมทั้งเตรียมเครื่องแต่งและรองเท้ากีฬามาด้วยทุกครั้ง

ขั้นตอนการดำเนินการทดลองออกกำลังกาย

ในการทดลองแต่ละครั้งจะให้ผู้เข้าร่วมวิจัยจะทดสอบการออกกำลังกาย (รูปที่ 1) ซึ่งแบ่งการ

ออกกำลังกายออกเป็น 2 ช่วง คือ การออกกำลังกายที่ 1 (Exercise 1; EX1) เป็นการออกกำลังกายแบบหนักสลับเบา (High intensity interval exercise; HIIE) (Hiranphan and Yimlamai, 2020) ด้วยการปั่นจักรยาน โดยเริ่มจากการอบอุ่นร่างกายด้วยยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั่วทั้งร่างกายแล้วต่อด้วยการปั่นจักรยานที่สภาวะไร้ความหนัก (Free load) นาน 5 นาที จากนั้นเพิ่มความหนัก (Load) ที่จักรยาน โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยรักษารอบในการปั่นอยู่ที่ 60-70 รอบต่อนาที จนกระทั่งหัวใจเต้นถึง 80% ของชีพจรสูงสุด (Maximal heart rate; HR_{max}) และปั่นต่อจนครบ 4 นาที ตามด้วยการลดความหนักที่จักรยาน จนกระทั่งหัวใจเต้นถึง 50% ของ HR_{max} และปั่นต่อจนครบ 4 นาที จากนั้นทำซ้ำ 2 ความหนักอีก 4 รอบ แล้วจึงจะให้พักทำการฟื้นตัว (Recovery) ด้วยการนั่งพัก เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ในระหว่างการพักฟื้นตัวผู้เข้าร่วมวิจัยดื่มเครื่องดื่มกีฬาอย่างใดอย่างหนึ่งจาก 3 ชนิด ได้แก่ เครื่องดื่มเกลือ (PL), เครื่องดื่มความเข้มข้นเท่ากับในร่างกาย (ID), และเครื่องดื่ม

เข้มข้นต่ำกว่าในร่างกาย (HD) จากการสุ่มในปริมาณ 1.5 เท่า ของปริมาณน้ำนักดื่มที่เสียไป โดยหาจากการความแตกต่างของน้ำนักดื่มของผู้เข้าร่วมการวิจัยก่อนและหลังการออกกำลังกายที่ 1 และต้องดื่มเครื่องดื่มที่ได้รับให้หมดภายในระยะเวลาที่พักฟื้นตัวตามด้วยการออกกำลังกายที่ 2 ซึ่งเป็นการออกกำลังกายแบบเพิ่มความหนักจนถึงระดับล้า (Exhaustive exercise) จนไม่สามารถออกกำลังกายต่อไปได้ เริ่มจากการอบอุ่นร่างกายด้วยการปั่นจักรยานที่ 50 วัตต์ นาน 5 นาที จากนั้นเพิ่มความหนักของจักรยานในอัตรา 1 วัตต์ต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ปั่นนาน 3 นาที โดยรักษารอบการปั่นที่ 60 รอบต่อนาที แล้วเพิ่มความหนักของจักรยานในอัตรา 0.5 วัตต์ต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ทุกๆ 3 นาที และรักษารอบการปั่นที่ 60 รอบต่อนาทีจนกระทั่งผู้เข้าร่วมวิจัยไม่สามารถปั่นต่อไปได้ หรือมีเกณฑ์ข้อหนึ่งข้อใดตามเกณฑ์การยุติการออกกำลังกายที่ระดับล้า (Exercise exhaustion criteria) ได้แก่ ก) ประสงค์ที่จะยุติการทดลองเอง, ข) ค่าการใช้ออกซิเจน (Oxygen

ตารางที่ 1 : แสดงองค์ประกอบทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ตัวแปร	เครื่องดื่มเกลือ (PL)	เครื่องดื่มความเข้มข้นเท่ากับในร่างกาย (ID)	เครื่องดื่มเข้มข้นต่ำกว่าในร่างกาย (HD)
อายุ (ปี)	-----19.47 ± 0.27-----		
ความสูง (เซนติเมตร)	-----174.40 ± 2.18 -----		
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	74.11 ± 2.85	74.19 ± 2.51	74.66 ± 2.96
ค่าดัชนีมวลกาย	24.10 ± 0.58	24.35 ± 0.52	24.39 ± 0.58
ค่าไขมัน (%)	20.73 ± 0.73	20.62 ± 0.67	20.69 ± 0.69
มวลกล้ามเนื้อ (%)	54.51 ± 1.81	54.45 ± 1.57	54.24 ± 1.93

consumption; VO2) คงที่ (เปลี่ยนแปลง <150 ml/min) แม้จะมีการเพิ่มความหนักของการออกกำลังกาย, ค) ค่า Respiratory Exchange Ratio (RER) มากกว่า 1.15, ง) ค่าสารแลคเตทในเลือดมากกว่า 8 mmol/L, จ) ค่า Rate Perceived Exertion (RPE) มากกว่า 17 (6-20 Borg's RPE scale, ฉ) เป็นตะคริว แล้วคลายอุ่นโดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยปั่นจักรยานที่สภาวะไร้ความหนัก (free-load) นาน 5 นาที ทั้งนี้ ตลอดการทดลองผู้วิจัยได้ทำการวัดผลตัวแปรน้ำหนักตัว (Body weight), ส่วนสูง (Body Height), ปริมาณไขมัน (Body fat) และกล้ามเนื้อ (Body muscle) โดยใช้เครื่องวัดองค์ประกอบของร่างกาย (Body composition analyzer, InBody, Japan) วัดชีพจร (Heart rate; HR) ขณะพักและระหว่างการออกกำลังกายโดยใช้เครื่องวัดชีพจร (Telemetry heart rate monitor; Polar, Germany) ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (Systolic blood pressure; SBP) และคลายตัว (Diastolic blood pressure; DBP) โดยใช้เครื่องวัดความดันโลหิตแบบอัตโนมัติ (Auto-sphygmomanometer; Omron, Japan) ความถ่วงจำเพาะของปัสสาวะโดยใช้เครื่องวัดค่าความถ่วงจำเพาะในปัสสาวะ (Urine specific gravity refractometer, Japan) วัดระยะเวลาในการออกกำลังกายจนล้า (Time to exhaustion, TTE) และระดับชีพจรขณะล้า (Heart rate at exhaustion) โดยใช้จักรยานวัดงาน (Cycle Ergometer; Monark, USA) เจาะเลือดปริมาณ 5 มิลลิลิตรและตรวจวิเคราะห์ ระดับน้ำตาลในเลือด (Blood sugar), ระดับสารแลคเตทในเลือด (Blood lactate), ระดับเกลือแร่ของเลือด (Blood electrolyte), การสลายตัวของกล้ามเนื้อ (serum creatinine kinase; CK), ค่าความเข้มข้นของเลือด (Blood osmolality) โดยนักเทคนิคการแพทย์จากคณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลทั้งหมดแสดงเป็นค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, SD) และถูกนำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS (Ver. 22, IBM, USA) ใช้ The Shapiro-Wilk test ในการทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลทั้งหมด จากนั้นใช้การทดสอบความแปรปรวนแบบการวัดซ้ำ (Repeated Measure ANOVA) ร่วมกับการเปรียบเทียบรายคู่โดยใช้ Bonferroni post hoc test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

ผลการวิจัย

1. ลักษณะทั่วไปของอาสาสมัคร

ตารางที่ 1 แสดงลักษณะทั่วไปของอาสาสมัคร 11 คน ที่เข้าร่วมการศึกษานี้จนครบสมบูรณ์ครบทั้ง 3 ครั้งโดยไม่มีการออกจากการทดลอง การวัดสัดส่วนร่างกายจากการเข้าร่วมการทดลอง 3 ครั้ง แบบสุ่มออกกำลังกายและเครื่องตี 3 ชนิด ในระยะเวลาห่างกัน 1 สัปดาห์ต่อเครื่องตี 1 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) การเปลี่ยนแปลง (ลดลง) ของน้ำหนักตัวโดยเฉลี่ยในภายหลังจากการออกกำลังกายครั้งที่ 1 (EX1 ก่อนแทรกแซงด้วยเครื่องตี) คือ 0.61 ± 0.06 , 0.65 ± 0.05 และ 0.5 ± 0.07 กก. ตามลำดับ ดังนั้นในระหว่างพัก 1 ชั่วโมง ผู้วิจัยจึงให้อาสาสมัครดื่มเครื่องดื่ม PL, ID และ HD เพื่อชดเชยของเหลวในร่างกายที่ 150% ของน้ำหนักตัวที่ลดลง คือในปริมาณ 909.38 ± 86.03 มล. (PL), 956.98 ± 88.31 มล. (ID) และ 830.00 ± 88.88 มล. (HD) ตามลำดับ จากนั้นจึงให้ออกกำลังกายครั้งที่ 2 จนล้า (Ex2 ภายหลังแทรกแซงด้วยเครื่องตี) ผลการทดลองไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวและปริมาณของการเปลี่ยนของเหลวในทุกสภาวะ ($P > 0.05$) อัตราการเต้นของหัวใจเมื่อล้าอยู่ที่ประมาณ 80% ของช่วงสูงสุดที่กำหนดไว้ และในระหว่างการทดลองไม่มีอาสาสมัครคนใดแสดงอาการไม่สบายหรือหายใจ

ลำบาก ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO₂peak) คือ 37.73 ± 1.45 , 36.46 ± 1.07 และ 36.67 ± 1.35 มล./กก. น้ำหนักตัว/นาที่ ในกลุ่ม PL, ID และ HD ตามลำดับ

2. การเปลี่ยนแปลงสมมูลของเหลวในร่างกาย

ระดับของ USG ในระยะพักก่อนการทดลอง (Pre-EX1) แสดงความสมมูลน้ำในช่วงปกติในการทดสอบเครื่องดื่มทั้ง 3 ชนิดโดยไม่มี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 2A) ภายหลังการออกกำลังกายครั้งที่ 1 (Post-EX1) พบว่า ปัสสาวะมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นในทุกกลุ่ม โดยมีแนวโน้มความเข้มข้นสูงสุดในการดื่ม HD แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และหลังจากดื่มเครื่องดื่มในช่วงพัก 1 ชั่วโมง ระดับ USG ลดลงกลับสู่ค่าปกติในทุกเครื่องดื่ม และเมื่อสิ้นสุดการออกกำลังกายครั้งที่ 2 ค่า USG แสดงการลดลงอย่างต่อเนื่องโดยไม่มี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ในระหว่างเครื่องดื่มทั้ง 3 ชนิด ความเข้มข้นของเลือด (Osmolality) (รูปที่ 2B) อยู่ในช่วงปกติระหว่างก่อนและหลัง EX1 ยกเว้นการลดลงเล็กน้อยใน PL แต่ไม่พบความแตกต่างที่มีนัยสำคัญระหว่างเครื่องดื่มต่างๆ ($P > 0.05$) ในช่วงเริ่มต้นของ EX2 มีการลดลงของความเข้มข้นของเลือดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในกลุ่ม PL ($P < 0.05$) และ HD ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับ ID ในขณะที่หลัง EX2 ยังมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของความเข้มข้นของเลือดใน HD เมื่อเปรียบเทียบกับ ID ($P < 0.05$)

3. การเปลี่ยนแปลงของกลูโคสและแลคเตทในเลือด

ระดับน้ำตาลในเลือดในทุกกลุ่มถูกรักษาให้อยู่ในช่วงคงที่ระหว่างการทดสอบการออกกำลังกายทั้งสองแบบ (รูปที่ 2C) ยกเว้นในกลุ่ม ID มีระดับน้ำตาลเพิ่มขึ้นหลังจากได้รับเครื่องดื่มในช่วงพัก ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มตลอดการทดลอง ($P > 0.05$) ความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดทั้ง 3 กลุ่มเพิ่มขึ้นภายหลังการออกกำลังกายทั้งสองครั้ง

(รูปที่ 2D) โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่ม ($P > 0.05$)

4. การเปลี่ยนแปลงระดับเกลือแร่สำคัญในเลือด

ในทุกกลุ่มมีการเปลี่ยนแปลงของระดับโซเดียม โปแตสเซียม และคลอไรด์ในเลือด (รูปที่ 3) เป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มในระหว่างการทดลอง ($P > 0.05$) ยกเว้นค่าคลอรีนที่ลดลงใน PL และ HD ที่มีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่ม ID จุดล้ำ ($P = 0.003$ และ 0.03 ตามลำดับ)

5. การเปลี่ยนแปลงระดับไขมันในเลือด

ระดับคอเลสเตอรอล (Cholesterol รูปที่ 4A) ระดับไขมันความหนาแน่นสูง (High-density lipoproteins รูปที่ 4C) ระดับไขมันความหนาแน่นต่ำ (Low-density lipoproteins รูปที่ 4D) ระดับครีเอทีนไคเนส (Creatine kinase รูปที่ 4E) เปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันตลอดการทดลองและไม่มี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ยกเว้นระดับไตรกลีเซอไรด์ (Triglycerides รูปที่ 4B) ในกลุ่ม HD ที่ลดต่ำกว่า กลุ่ม PL ($P < 0.05$) และต่ำกว่ากลุ่ม ID ($P < 0.05$) เมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดการออกกำลังกายครั้งที่สอง (EX2) Discuss ว่าจากการสืบค้นในภายหลังเมื่อสิ้นสุดการทดลองไปแล้ว พบว่า เครื่องดื่ม HD เป็นชนิดเดียวที่มีสาร Carnitine เป็นส่วนประกอบเพิ่มเติม ซึ่งมีงานวิจัยระบุว่า มีผลต่อการเร่งกระบวนการเผาผลาญไขมัน ข้อสังเกตอีกประการหนึ่งคือ ค่าสาร CK (รูปที่ 4E) ที่แม้จะมีไม่ มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่แสดงแนวโน้มความเสี่ยงในการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อต่ำกว่าเครื่องดื่มชนิดอื่นๆ

6. ประสิทธิภาพการออกกำลังกาย

ระยะเวลาที่ใช้ออกกำลังกายจนล้ำ (TTE; รูปที่ 5) ภายหลังการดื่มเครื่องดื่มถูกกำหนดจากระยะเวลาในการออกกำลังกายในช่วง EX2 เพื่อแสดงให้เห็นถึงผลกระทบของเครื่องดื่มก่อนออกกำลังกายที่มีความเข้มข้นต่างกัน ข้อมูลแสดงให้เห็นว่า

TTE ที่สูงขึ้นเล็กน้อยในเครื่องตี ID และ HD เมื่อเทียบกับเครื่องตีหลอก PL แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างสภาวะต่างๆ ($P>0.05$)

อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการใช้เครื่องตีกีฬาชนิดไฮโปโทนิกต่อการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพทางกายด้านความทนทาน การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในเลือด และการสลายตัวของกล้ามเนื้อในระหว่างการออกกำลังกายและการฟื้นตัว ผลการทดสอบพบว่า การทดแทนของเหลวในช่วง 1 ชั่วโมงของการฝึกตามปริมาณ 1.5 เท่าของน้ำหนักตัวที่ลดลงจากการออกกำลังกายแบบหนักสลับเบา (EX1) สามารถรักษาสมดุลของเหลวในร่างกายได้โดยดูจากตัวชี้วัดในปัสสาวะและเลือด การลดลงของความเข้มข้นของเลือดในการออกกำลังกายซ้ำอาจเกิดจากการเสียน้ำและเกลือแร่มากขึ้นจากการเสียเหงื่อในระหว่างการออกกำลังกายอย่างหนัก รวมถึงการไม่ได้รับน้ำทดแทนในระหว่างการออกกำลังกาย ดังนั้นหากต้องการออกกำลังกายซ้ำจึงจำเป็นต้องได้รับการเพิ่มปริมาณน้ำดื่ม ความถ่วงจำเพาะของปัสสาวะ (USG) ถูกใช้เป็นตัวบ่งชี้ของสมมูลน้ำในร่างกายอย่างกว้างขวาง ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความเข้มข้นของปัสสาวะและสีของปัสสาวะ (Perrier et al., 2017) การศึกษานี้ใช้เกณฑ์ความเข้มข้นในเลือดที่น้อยกว่า 290 mOsmol/kg และ USG น้อยกว่า 1.020 (Sawka et al., 2007) บอกถึงระดับการขาดน้ำของร่างกาย พบว่าการสูญเสียน้ำหนักตัวเพียง 3% เนื่องจากการเสียเหงื่ออาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการออกกำลังกาย การกระจายความร้อน และการทำงานของหัวใจ (Maughan, 2003) ในการศึกษาก่อนหน้านี้ พบว่าการออกกำลังกายที่ความหนักสูง จึงจะทำให้เกิดภาวะขาดน้ำที่ 3.7% ของน้ำหนักตัว และควรได้รับการดื่มน้ำเพื่อทดแทนต่อเนื่องเป็นเวลา 21

ชั่วโมง (Armstrong et al., 1998) การรักษาระดับน้ำตาลให้คงที่เป็นสิ่งที่พบในคนที่แข็งแรงและสุขภาพปกติ แม้ในภาวะที่ต้องออกกำลังกาย การรักษาระดับน้ำตาลให้คงที่ได้โดยการทำงานของตับ การแปลงสารพลังงานอื่นๆมาใช้ จากการสับคั้นในภายหลังเมื่อสิ้นสุดการทดลองไปแล้ว พบว่า เครื่องตี ID มีส่วนประกอบของน้ำตาลสูงที่สุด ดังนั้นจึงเห็นค่าน้ำตาลในเลือดสูงกว่ากลุ่มอื่นๆในทุกช่วงการทดลอง อย่างไรก็ตาม การให้ดื่มเครื่องดื่มผสมน้ำตาลมีข้อควรระวังในเรื่องการไปกระตุ้นระดับฮอร์โมนอินซูลินจากตับอ่อนซึ่งอาจคงค้างอยู่นานและมีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อได้ ซึ่งอาจเหมาะสมกับการออกกำลังกายที่หนักและยาวนานมากๆ โดยปกติระดับแลคเตทในเลือดในระยะพักมีค่าประมาณ 2 mmol/L และจะเพิ่มตามระยะเวลาและความหนักในการออกกำลังกาย ค่าสูงสุด ณ ตำแหน่งที่เกิด Lactate threshold อยู่ที่ 12 mmol/L ในการทดลองครั้งนี้ค่าแลคเตทสูงสุด ณ จุดล้า ประมาณ 6 mmol/L ทั้งที่ชีพจรขึ้นไปถึง 80% ของอัตราชีพจรสูงสุดตามเกณฑ์อายุ แสดงว่า แม้จะออกกำลังกายอย่างหนักซ้ำๆแต่สารแลคเตทที่เกิดขึ้นจะถูกทำลายให้ลดลงโดยหน้าที่ของตับ หัวใจและไต ทำให้ความเข้มข้นของสารแลคเตทไม่เพิ่มขึ้นมาก ระดับเกลือแร่โซเดียมและคลอไรด์จะอยู่นอกเซลล์และในเลือด แต่โปแตสเซียมจะอยู่ในเซลล์จึงมีค่าต่ำกว่า การขาดคลอไรด์อาจมีผลต่อการล้า จากการสับคั้นในภายหลังเมื่อสิ้นสุดการทดลองไปแล้ว พบว่า เครื่องตี ID มีส่วนผสมของเกลือแร่สูงที่สุด ผลการทดลองยืนยันว่าไม่มีความจำเป็นต้องใส่เกลือแร่เหล่านี้ในปริมาณที่มากเกินไป และร่างกายสามารถปรับ (Regulate) เกลือแร่เหล่านี้ได้อย่างเหมาะสม และหากดื่มเป็นจำนวนหลายขวดในเวลาหนึ่งวัน อาจส่งผลให้ได้รับระดับโซเดียมเกินกว่าปริมาณที่ร่างกายควรได้รับในแต่ละวัน

สรุปผลการวิจัย

เครื่องดื่มกีฬาที่มีความเข้มข้นต่ำกว่าในร่างกายช่วยในการทดแทนน้ำในร่างกายหลังจากการออกกำลังกายอย่างหนักอันเป็นเหตุให้เกิดการสูญเสียเหงื่อโดยไม่ส่งผลทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงเกินไป นอกจากนี้ยังส่งผลลดระดับไตรกรีเซอไรด์ในเลือดได้โดยสามารถคงสมรรถภาพความทนทานในการออกกำลังกายเข้าได้ไม่แตกต่างจากเครื่องดื่มที่มีความเข้มข้นเท่ากับในร่างกาย

ข้อเสนอแนะจากการวิจัยครั้งนี้

การศึกษาการวิจัยทำให้ทราบว่าเครื่องดื่มกีฬาชนิดใดที่เหมาะสมที่จะใช้ในการทดแทนสารน้ำและเกลือแร่ในระหว่างการออกกำลังกาย โดยเฉพาะผู้ที่สนใจและออกกำลังกายเป็นประจำ เพื่อการชะลอการล้าที่อาจเกิดขึ้น

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยครั้งต่อไป

การศึกษาวิจัยครั้งต่อไปควรมีการควบคุมอาหารและเครื่องดื่มทุกชนิดที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยบริโภคในระหว่างเข้าร่วมการวิจัย

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนจาก บริษัท ที.ซี.ฟาร์มาซูติคอล อุตสาหกรรม จำกัด โดยทางบริษัทมิได้มีส่วนร่วมในขั้นตอนใดของการศึกษาวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Armstrong, L. E., Soto, J. A., Hacker, F. T., Jr., Casa, D. J., Kavouras, S. A., & Maresh, C. M. (1998). Urinary indices during dehydration, exercise, and rehydration. *Int J Sport Nutr*, 8(4), 345-355. <https://doi.org/10.1123/ijns.8.4.345>

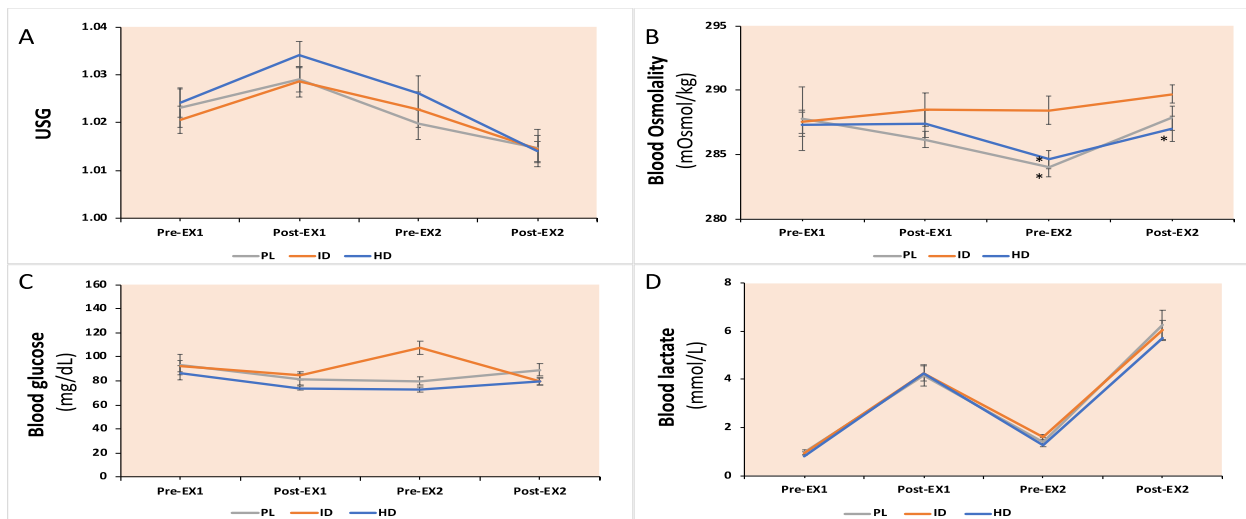
Evans, G. H., James, L. J., Shirreffs, S. M., & Maughan, R. J. (2017). Optimizing the restoration and maintenance of fluid balance after exercise-induced dehydration. *J Appl Physiol* (1985), 122(4), 945-951. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00745.2016>

Hill, R. J., Bluck, L. J., & Davies, P. S. (2008). The hydration ability of three commercially available sports drinks and water. *J Sci Med Sport*, 11(2), 116-123. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2006.12.117>

Hiranphan, S. and Yimlamai, T. (2020). Effect of high-intensity interval training in normobaric hypoxia on aerobic capacity, critical power, and 2,000 m rowing performance in varsity rowers. *Journal of Sports Science and Health*. 21(2): 245-268.

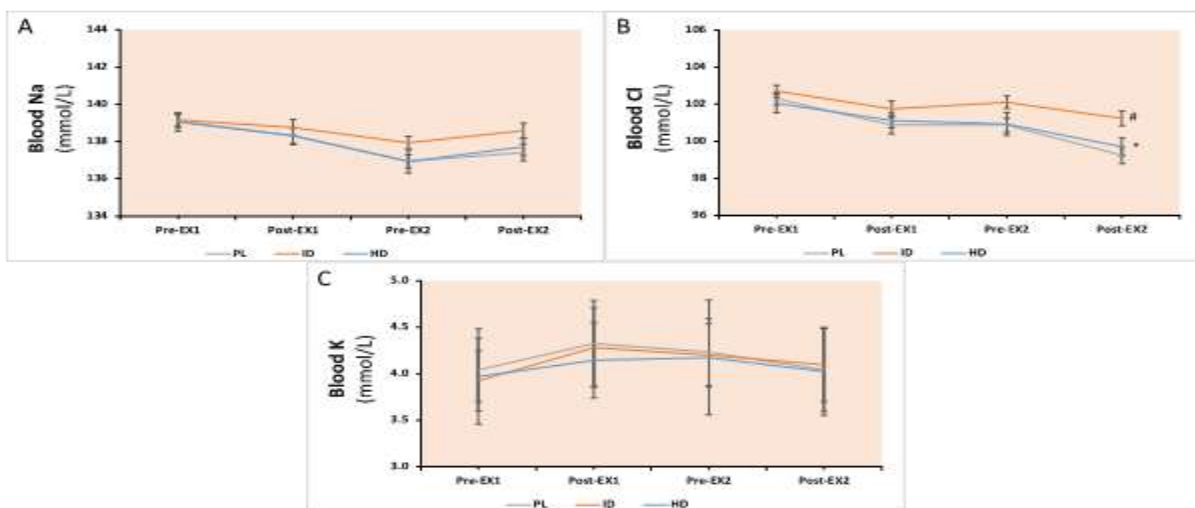
Hornsby, J. (2011). The effects of carbohydrate-electrolyte sports drinks on performance and physiological function during an 8 km cycle time trial. *The Plymouth Student Scientist*, 4, 30-49.

Maughan, R. J. (2003). Impact of mild dehydration on wellness and on exercise performance. *Eur J Clin Nutr*, 57 Suppl 2, S19-23. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601897>



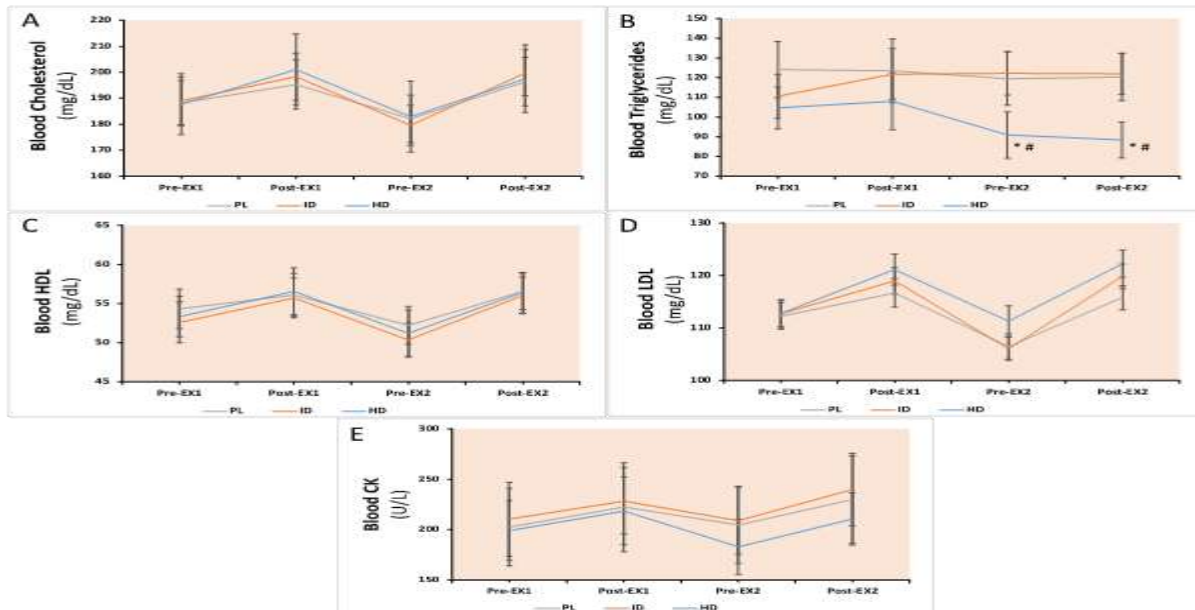
รูปที่ 2 การเปลี่ยนแปลงของความถ่วงจำเพาะของปัสสาวะ (USG, A) ความเข้มข้นของสารที่อยู่ในเลือด (Osmolality, B) ความเข้มข้นของน้ำตาลในเลือด (Glucose, C) และความเข้มข้นของสารแลกเตทในเลือด (Lactate, D) ก่อน-หลังการออกกำลังกายอย่างหนักครั้งที่ 1 (Pre-Ex1, Post-Ex1) และก่อน-หลังการออกกำลังกายจนล้าครั้งที่ 2 (Pre-Ex2, Post-Ex2) จากการดื่มเครื่องดื่มหลอก (PL) เครื่องดื่มความเข้มข้นเท่าในร่างกาย (ID) และเครื่องดื่มความเข้มข้นต่ำกว่าในร่างกาย (HD) ในช่วงพัก 1 ชั่วโมง ระหว่าง Ex1 และ Ex2

สัญลักษณ์ * แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากกลุ่ม ID ($P < 0.05$)



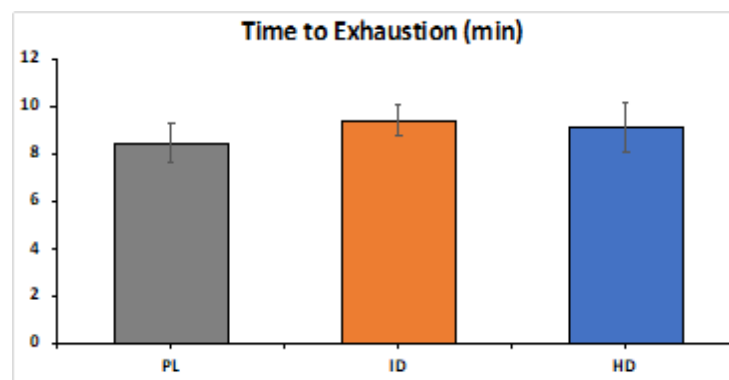
รูปที่ 3 การเปลี่ยนแปลงของเกลือแร่ที่สำคัญในเลือด (โซเดียม, a) คลอไรด์ (b) และโพแทสเซียม (c) ก่อน-หลังการออกกำลังกายอย่างหนักครั้งที่ 1 (Pre-Ex1, Post-Ex1) และก่อน-หลังการออกกำลังกายจนล้าครั้งที่ 2 (Pre-Ex2, Post-Ex2) จากการดื่มเครื่องดื่มหลอก (PL) เครื่องดื่มความเข้มข้นเท่าในร่างกาย (ID) และเครื่องดื่มความเข้มข้นต่ำกว่าในร่างกาย (HD) ในช่วง 1 ชั่วโมงระหว่าง Ex1 และ Ex2

สัญลักษณ์ * แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากกลุ่ม ID ($P < 0.05$) # แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากกลุ่ม PL ($P < 0.05$)



รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงของระดับคอเลสเตอรอล (Cholesterol รูปที่ 4A) ระดับไตรกลีเซอไรด์ (Triglycerides รูปที่ 4B) ระดับไขมันความหนาแน่นสูง (High-density lipoproteins รูปที่ 4C) ระดับไขมันความหนาแน่นต่ำ (Low-density lipoproteins รูปที่ 4D) ระดับครีเอทีนไคเนส (Creatine kinase รูปที่ 4E) เปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันตลอดการทดลอง ก่อน-หลังการออกกำลังกายอย่างหนักครั้งที่ 1 (Pre-Ex1, Post-Ex1) และก่อน-หลังการออกกำลังกายจนล้าครั้งที่ 2 (Pre-Ex2, Post-Ex2) จากการดื่มเครื่องดื่มเกลือ (PL) เครื่องดื่มความเข้มข้นเท่าในร่างกาย (ID) และเครื่องดื่มความเข้มข้นต่ำกว่าในร่างกาย (HD) ในช่วง 1 ชั่วโมงระหว่าง Ex1 และ Ex2

สัญลักษณ์ * แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากกลุ่ม ID ($P < 0.05$), # แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากกลุ่ม PL ($P < 0.05$)



รูปที่ 5 ระยะเวลาที่ออกกำลังกายจนล้าในการออกกำลังกายครั้งที่ 2 (Ex2) จากการดื่มเครื่องดื่มเกลือ (PL) เครื่องดื่มความเข้มข้นเท่าในร่างกาย (ID) และเครื่องดื่มความเข้มข้นต่ำกว่าในร่างกาย (HD)